

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАТОРАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Ю. Н. КОЛЕСНИК, К. А. ВЕНЬГИН

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Сложившаяся в последние годы тенденция к внедрению собственных источников электроэнергии, обусловленная политикой государства в области энергосбережения и разработкой программы развития электрогенерирующих мощностей на основе паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок с созданием малых ТЭЦ [1], сделала отдельные предприятия в некоторой степени независимыми от энергосистемы. Внедрение таких мини-ТЭЦ позволяет сократить энергетическую составляющую себестоимости продукции за счет получения собственной, более дешёвой электроэнергии, повысить надежность и устойчивость системы электроснабжения, улучшить качество электроэнергии в узле нагрузки [2].

Постановка задачи

Вместе с очевидными достоинствами внедрения мини-ТЭЦ также можно отметить, что за счет резерва генерируемой мощности возможно получение любого фактически возможного совмещенного графика нагрузки потребителя. Это особенно актуально в рыночных условиях функционирования, когда нестабильность производства вызывает неравномерность электропотребления. Однако возможно компенсировать неравномерность электропотребления в различных временных интервалах за счет энергетической мобильности мини-ТЭЦ. Временные интервалы при этом предполагается рассматривать отдельно, в зависимости от того, по какому тарифу осуществляется расчет за электроэнергию потребителем. Так, в случае расчетов по двухставочному тарифу режим генерации электроэнергии может быть реализован таким образом, чтобы в часы максимума энергосистемы нагрузка предприятия была минимальной, а в оставшееся время – равномерной. Поэтому возникает задача управления генерируемыми мощностями собственного генератора электроэнергии с целью получения желаемого совмещенного графика нагрузки, обеспечивающего снижение затрат потребителя на электроэнергию.

Способ решения

Для решения поставленной задачи предлагается использовать теорию конторморфного преобразования функций (КМ-преобразования), в настоящее время используемую для определения режимов работы потребителей-регуляторов [3]. При этом в качестве потребителя-регулятора выступает синхронный генератор мини-ТЭЦ, который может компенсировать пики нагрузки потребителя.

Целью КМ-преобразования исходной функции является получение другой функции, у которой интеграл на рассматриваемом периоде был бы тот же самый, а произ-

водная в каждой точке этого периода была бы «встречной» по отношению к производной исходной функции.

Определение графика нагрузки мини-ТЭЦ $P_{\text{гр}}^k(t)$, обеспечивающего желаемый совмещенный график потребителя $P_{\text{сум}}^k(t)$ при известном графике нагрузки электроприемников потребителя $P_{\text{эл}}(t)$ с использованием теории КМ-преобразования основано на следующем алгоритме:

1. Определение конфигурации желаемого графика.

Для получения желаемого графика необходимо, чтобы в каждой точке производная графика генератора-регулятора была менее производной графика нагрузки электроприемников на величину ΔP :

$$\frac{dP_{\text{гр}}^k(t)}{dt} = \frac{dP_{\text{эл}}(t) - \Delta P}{dt}.$$

Этому условию удовлетворяет функция вида:

$$P_{\text{гр}}^k(t) = P_{\text{эл}}(t) - \Delta P.$$

2. Расчет величины ΔP .

Величину ΔP определим из условия равенства площадей (энергий) до и после регулирования:

$$W_{\text{сум}} = \int_0^T P_{\text{сум}}(t) dt = \int_0^T P_{\text{сум}}^k(t) dt,$$

$$W_{\text{гр}} = \int_0^T P_{\text{гр}}(t) dt = \int_0^T P_{\text{гр}}^k(t) dt.$$

Индекс k означает КМ-преобразование.

В этом случае ΔP можно найти следующим образом:

$$\int_0^T P_{\text{сум}}(t) dt = \int_0^T (P_{\text{эл}}(t) - P_{\text{гр}}(t)) dt = \int_0^T \Delta P dt = \Delta P \cdot T.$$

Например, в случае, когда желаемым является выровненный совмещенный график, ΔP есть средняя за период T мощность совмещенного графика нагрузки $P_{\text{сум}}(t)$:

$$\Delta P = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T P_{\text{сум}}(t) dt.$$

3. Определение преобразованного графика совмещенной нагрузки $P_{\text{сум}}^k(t)$.

График совмещенной нагрузки $P_{\text{сум}}^k(t)$ в этом случае будет представлять собой прямую линию на уровне средней мощности:

$$P_{\text{сум}}^k(t) = P_{\text{эл}}(t) - P_{\text{гр}}^k(t).$$

На некоторых интервалах может оказаться, что $P_{\text{гр}}^k$ превышает фактически возможные пределы регулирования, т. е. номинальную мощность генератора. В этих

случаях принимается максимально допустимое значение выдаваемой мощности генератора $P_{гр}$.

Определение графика генератора возможно как аналитическим, так и графическим способом.

Регулирование с помощью мини-ТЭЦ может осуществляться в пределах, определяемых параметрами электропотребления предприятия в различных режимах, а также тепловыми режимами. Так, в любой момент времени максимальный предел будет соответствовать суммарной номинальной мощности генерирующей установки (или установок), а минимальный – мощности, определяемой эффективностью работы мини-ТЭЦ.

Рассматривались следующие варианты управления электропотреблением с использованием собственного генератора электроэнергии:

- управление с целью получения «выровненного» графика нагрузки;
- управление с целью получения «инверсированного» графика – графика, в котором период максимума энергосистемы соответствует минимуму потребления предприятием.

Управление, связанное с инверсированием, реализуется на основе графика, полученного с помощью вышеприведенного алгоритма путем увеличения до возможных пределов выдаваемой мощности мини-ТЭЦ в периоды максимума энергосистемы. Такой вариант сократит расходы потребителя на электроэнергию, снизив до минимума потребление от энергосистемы в периоды максимума, и, следовательно, сократив составляющую договорной мощности в балансе электроэнергетических затрат предприятия.

Таким образом, управляя генераторами электроэнергии потребителей иногда возможно получение максимально выровненных зон совмещенного графика, либо другого желаемого фактически возможного графика нагрузки, обеспечивающего снижение энергетической составляющей затрат предприятия в целом. Для этого необходима разработка принципов управления режимами работы конкретной мини-ТЭЦ в конкретных условиях эксплуатации. При этом могут быть достигнуты следующие практические результаты:

- выравнивание совмещенных графиков нагрузок на более высоких уровнях системы электроснабжения, как следствие, сокращаются потери в элементах сетей и снижается удельная стоимость $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии – прямая выгода для энергосистемы;
- сокращаются затраты предприятия на электроэнергию как за счет составляющей энергии, так и заявленной мощности;
- обеспечивается прогнозируемость динамики электропотребления предприятия в целом, что позволит потребителям снижать величину заявленной мощности.

Результаты исследований и их обсуждение

С использованием изложенного алгоритма было выполнено моделирование электропотребления ОАО «Мозырьсоль».

Здесь по условиям производства необходим пар. Причем параметры паровой среды, требуемые технологией выпаривания соли, ниже вырабатываемых котельной комбината. Функции дросселирования с одновременной выработкой электроэнергии выполняет турбогенераторная установка, укомплектованная из паровой турбины и турбогенератора мощностью 1,5 МВт, включенная параллельно с редуцирующе-охлаждающими установками (РОУ) цеха выпаривания (рис. 1). В настоящее время ведётся монтаж дополнительной установки аналогичного типа.

При анализе существующего положения следует заметить, что постоянная работа мини-ТЭЦ с максимальной (номинальной) нагрузкой не выгодна по технологиче-

ским причинам. Это вызвано тем, что расчет номинальной мощности генераторов проводится по тепловой нагрузке котельной [4], а на практике иногда осуществляется технологическое резервирование теплоприемников существующими РОУ. Однако при таком положении вещей возможна временная (периодическая) тепловая «догрузка» генераторов мини-ТЭЦ без сокращения выпуска продукции.

Рассмотрим принципиальную схему теплоснабжения ОАО «Мозырьсоль» (рис. 1).

В рассматриваемом случае регулирование может осуществляться без согласования с энергосистемой вручную непосредственно на турбоагрегате ТГ воздействием на привод регулирующих клапанов КР, на редукционно-охладительной установке РОУ, прикрывая клапан К1 и получая пар на промышленные нужды преимущественно от турбины, либо на котельной, периодически, в течение суток, изменяя параметры свежего пара без существенного изменения параметров отработанного (редуцированного) пара. При этом изменяется располагаемый теплоперепад, а следовательно, и выдаваемая электрическая мощность.

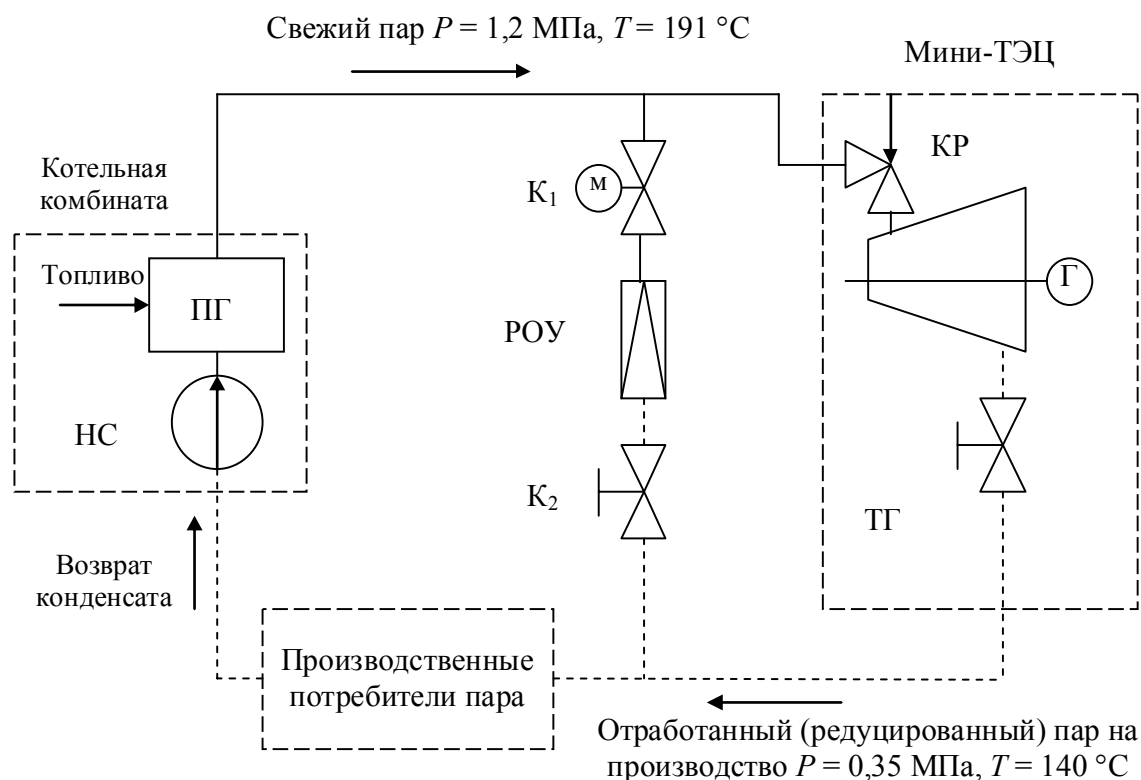


Рис. 1. Принципиальная схема теплоснабжения ОАО «Мозырьсоль»

Исходными данными для моделирования являлись: характерные графики нагрузки предприятия (нагрузка электроприемников потребителя), графики работы мини-ТЭЦ и величина располагаемой мощности турбогенератора.

На нижеприведенных рисунках представлены результаты моделирования графика работы мини-ТЭЦ, обеспечивающего «выравнивание» (рис. 2) и «инверсирование» (рис. 3) совмещенного графика нагрузок.

Расчеты показателей модифицированных (преобразованных) графиков рассматриваемого предприятия выявили экономическую нецелесообразность выравнивания графика (рис. 2). При этом инверсия исходного графика (рис. 3) позволяет снизить

затраты на электроэнергию на величину, эквивалентную 2,9 % годового электропотребления предприятия.

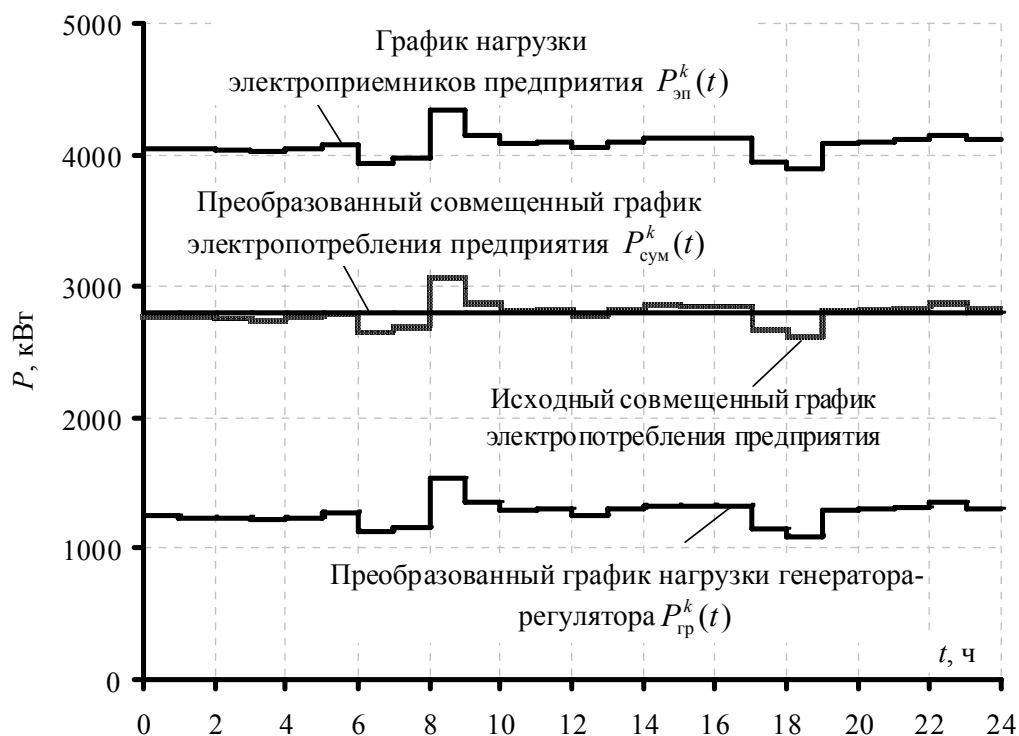


Рис. 2. Выравнивание совмещенного графика нагрузки

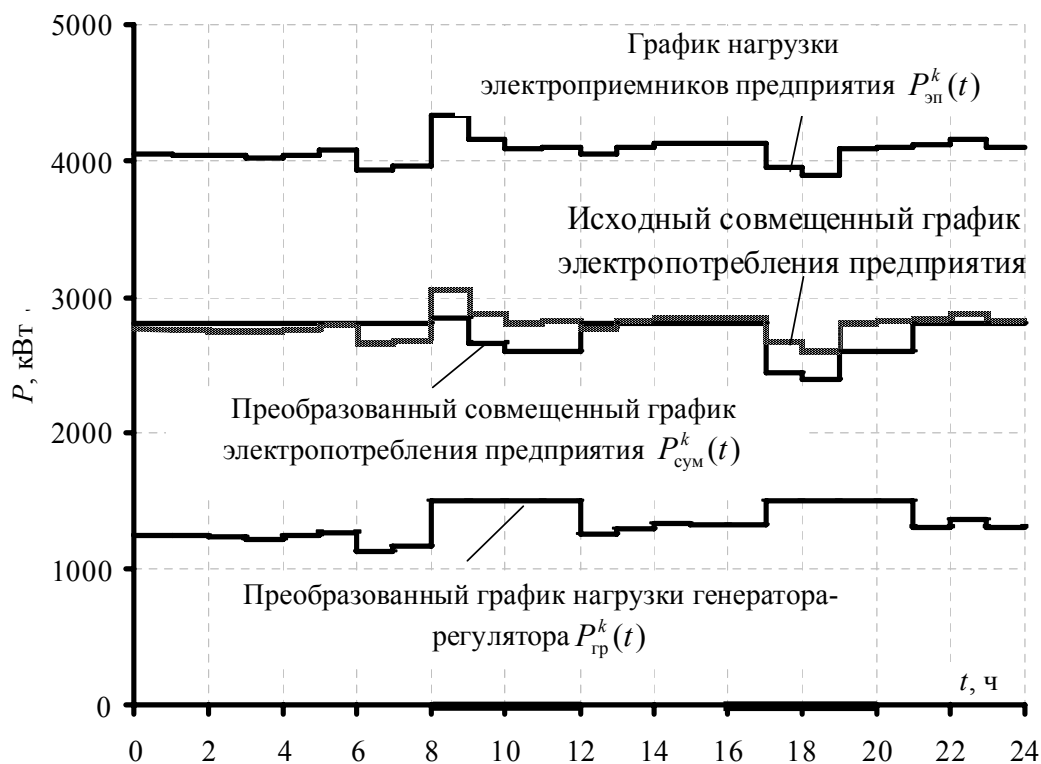


Рис. 3. Инверсирование совмещенного графика нагрузки (на оси времени выделены периоды максимальных нагрузок энергосистемы)

Также рассматривался вариант инверсии исходного графика с переходом на двухставочно-дифференцированный тариф расчета за электроэнергию и получена модель графика нагрузки мини-ТЭЦ, обеспечивающая снижение денежных затрат на электроэнергию на 9,7 %.

Дальнейшее совершенствование режима работы мини-ТЭЦ связано с управлением, основанным на разработке технико-экономической модели эффективности генерации электроэнергии. Разработка такой модели актуальна и является предметом дальнейших исследований.

Вывод

Управление генераторами электроэнергии потребителей позволяет сократить энергетические затраты, что в конечном счете отразится на себестоимости продукции и благосостоянии предприятия в целом. При этом управление нагрузкой мини-ТЭЦ наиболее эффективно в условиях, когда потребитель рассчитывается за электроэнергию по двухставочно-дифференцированному тарифу.

Литература

1. Программа развития электрогенерирующих мощностей на основе паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок с созданием малых ТЭЦ в республике в 2000–2005 годах. Принята постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 10 августа 2000 г., № 1232.
2. Основы энергосбережения : учеб. пособие ; под ред. Б. И. Врублевского. – Гомель : ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002. – 190 с.
3. Сычев, А. В. Управление электропотреблением. Практическое руководство к практическим занятиям / А. В. Сычев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2003.
4. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь. – Приложение к Информационному бюллетеню № 4, 2004.

Получено 28.02.2006 г.